

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“MEDIDAS DE CONTROL FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR
INHALACIÓN DE XILENO EN EL PROCESO DE ENVASADO DE UNA
EMPRESA COMERCIALIZADORA DE SOLVENTES”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

SANCHEZ CABRERA, ANDRES PABLO

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA.

A mi madre pues de una u otra forma buscó como ayudarme en mis proyectos y gracias a ella forme una gran virtud “Las ganas de superar los problemas”.

A mis hermanas y el cariño incondicional que nos tenemos. Eso forma una gran familia no por el número, si no por el gran afecto que se tienen.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco,

A todas las personas que entraron en mi vida y las decisiones que tome en su momento,
son el resultado de los logros de hoy.

RESUMEN

Diferentes estudios demuestran que la exposición de xileno en el ambiente laboral puede afectar la salud de los trabajadores, pero dichos estudios fueron enfocados en empresas donde usan productos terminados, las cuales tiene concentraciones bajas de xileno, pero que aun así puede afectar la salud del trabajador.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las medidas de control más idóneas frente a la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado de una empresa comercializadora de solventes. En una empresa comercializadora de solventes se manipula productos en alta concentración, por lo tanto, el riesgo es más significativo si no se cuentan con controles adecuados para los trabajadores.

En el desarrollo del estudio se midió los niveles de exposición de xileno tanto ambiental como biológico y fueron comparados con las normas locales e internacionales con la finalidad de asegurar que en el proceso de envasado cuente con un ambiente laboral seguro y disminuir la posibilidad de alguna enfermedad ocupacional.

Los resultados de los exámenes médicos del ácido metilhipúrico estuvieron por debajo de 1.5 g/L índice de exposición biológico según la Workplace Exposure Standards and Biological Exposure Indices, de igual forma el monitoreo ambiental de xileno estuvieron por debajo de 150 ppm de STEL según el Decreto Supremo N°015-2005-S.A. Los controles recomendados en el proceso de envasado de solventes en general permiten

mejorar la prevención de enfermedades ocupacionales, minimizando en todo momento la exposición del producto químico por las vías respiratorias.

Si bien los valores de los monitoreos tanto biológico como el ambiental estuvieron por debajo de los estándares, los nuevos controles propuestos aseguran la reducción de la exposición de los productos químicos volátiles por la vía respiratoria.

ABSTRACT

Different studies show that exposure to xylene in the work environment can affect the health of workers, but these studies were focused on companies where they use finished products which have less than xylene, but still can affect the health of the worker.

The objective of this study was to determine the most suitable control measures against exposure to xylene inhalation in the packaging process of a solvent trading company, products in high concentration are handled, therefore, the Risk is more significant if there are no adequate controls for worker.

In the development of the study, the exposure levels of xylene were measured both environmentally and biologically and were compared with local and international standards with the determination to ensure that the packaging process has a safe working environment and reduce the possibility of occupational illness.

The results of the medical tests of methyhipuric acid were below 1.5 g/L Maximum limit allowed according to the Workplace Exposure Standards and Biological Exposure Indices, in the same way the environmental monitoring of xylene was below 150 STEL ppm according to Supreme Decree N°015-2005-S.A. The controls recommended in the process of solvent packaging in general allow to improve the prevention of occupational diseases, minimizing at all times the exposure of the chemical by the respiratory tract.

While the values of both biological and environmental monitoring affected below the symptoms, the proposed new controls ensure the reduction of exposure of volatile chemicals through the respiratory tract.

ÍNDICE

Página

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1. Motivación	5
1.2. Estado del arte.....	5
1.3. Descripción del problema	6
1.4. Formulación del problema	9
1.4.1. Problema General.	9
1.4.2. Problemas Específicos.....	9
1.5. Objetivos	10
1.5.1. Objetivo General.	10
1.5.2. Objetivos Específicos.	10
1.6. Justificación	10
1.6.1. Justificación de la investigación.....	10
1.6.2. Justificación práctica.	11
1.6.3. Justificación Legal.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes	13
2.1.1. Antecedentes internacionales.	15
2.1.2. Investigaciones nacionales.	21
2.2. Bases teóricas.....	30
2.2.1. El xileno.....	30

2.2.2. El Metabolismo del xileno.....	31
2.2.3.El Umbral olfativo.....	33
2.2.4.Los Cartuchos con indicador de vida útil.....	35
2.2.5.Prueba de ajuste cuantitativa.....	36
2.2.6.Factor de protección.....	37
2.2.7.Los Métodos para la identificación de riesgos químicos.....	38
3.2.6. Valores Límites Permisibles.....	42
III. VARIABLES E HIPÓTESIS.....	43
3.1. Operacionalización de las variables.....	43
3.2. Hipótesis de la investigación.....	44
3.2.1.Hipótesis General.....	44
3.2.2.Hipótesis Específicas.....	44
CAPITULO IV: METODOLOGÍA.....	45
4.1. Descripción de la metodología.....	45
4.1.1. Análisis de riesgo de la zona de envasado.....	45
4.1.2. Monitoreo del xileno en el ambiente de trabajo.....	50
4.2. Implementación de la investigación.....	59
4.2.1. Pruebas realizadas.....	59
4.3. Población y muestra.....	62
4.4. Técnicas de recolección de datos.....	62
4.5. Resultados.....	63
4.5.1. Resultados de la identificación de los riesgos.....	63
4.5.2. Resultados del monitoreo ocupacional del ambiente laboral. ...	64
4.5.3. Resultados del monitoreo biológico.....	70
4.5.4. Prueba de ajuste cuantitativo de respiradores.....	71

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....73

VII. CONCLUSIONES.....75

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....77

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.

Anexo 3. Formato de validación de expertos.

Anexo 4. Glosario de términos.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a las medidas de control frente a la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado de una empresa comercializadora de solventes.

En la empresa donde se realizó la presente investigación se dedica a la comercialización de diversos solventes, entre ellos el xileno, que se caracteriza principalmente por ser un líquido inflamable derivado del petróleo, volátil de olor dulce y químicamente presenta tres formas que se conocen como isómeros: orto, meta y para, según la ubicación del segundo grupo metilo. La intoxicación aguda, para cualquier isómeros del xileno se comportan como depresores del Sistema Nervioso Central, en adelante S.N.C.

Un depresor de S.N.C. es una sustancia química que provoca la disminución de su normal funcionamiento. Los depresores se usan para tratar la ansiedad, el pánico, etc. y entre los insumos se encuentran productos como: ansiolíticos, analgésicos, sedantes o somníferos. Estas drogas pueden provocar que la actividad del cerebro sea más lenta que lo normal.

Uno de los principales motivos, por el cual, se eligió al xileno es por la cantidad de importación en el mercado peruano, que asciende a más de 10,000 TM entre el 2017 y mediados del 2018 con una concentración de xileno al 99% de pureza. El segundo principal motivo es el metabolito formado en el cuerpo. En el estudio se realizó el análisis del metabolito, el ácido metal hipúrico, que consiste en recolectar una muestra de orina al

finalizar el turno laboral, y de forma paralela el monitoreo ocupacional para determinar la concentración de xileno en el ambiente de trabajo.

Los nuevos controles para evitar la exposición por inhalación de xileno fueron las siguientes:

- Prueba de ajuste cuantitativo de respiradores
- Análisis del metabolito ácido metil hipúrico en la orina.
- Evaluación de riesgos de todos los productos químicos.

La prueba de ajuste cuantitativo de respiradores permitió asegurar que el trabajador recibirá el equipo de protección respiratoria de acuerdo con sus medidas antropométricas, de tal manera que el empleador cumpla con el Art. 97 del reglamento de la ley N°29783.

La prueba de ajuste cuantitativa de respiradores no es una prueba común en el mercado peruano. Las empresas encargadas de realizar los exámenes médicos ocupacionales, la mayoría no presta ese servicio. Actualmente solo una clínica realiza esta prueba para siete clientes específico de los cuales todas realizan actividades en mina. Si nos ponemos a analizar el número de ventas de los distintos proveedores de equipos de protección respiratoria a múltiples empresas que utilizan distintos productos químicos en sus procesos y relacionamos la cantidad de empresas que realizan la prueba de ajuste cuantitativa de respiradores con la finalidad de asegurarse que el trabajador reciba el tamaño adecuado del equipo de protección respiratoria según sus medidas antropométricas nos encontraremos con un resultado penoso.

Los resultados de la prueba de ajuste cuantitativa de respiradores del área de operaciones de la empresa donde se realizó la investigación reflejaron felizmente solo una desviación en el tamaño y de un trabajador que habitualmente no está expuesto al xileno u otros solventes diferentes.

Con finalidad de asegurar que la prueba de ajuste cuantitativo de respiradores es adecuada para evitar el contacto de los vapores de xileno en el ambiente laboral o de cualquier otro tipo vapor es importante realizar un monitoreo biológico por lo que se realizó el análisis del ácido metil hipúrico, para determinar el nivel de exposición del trabajador en la zona de envasado.

Los resultados del análisis del metabolito denominado ácido metil hipúrico estuvieron por debajo 1.5g/g creatinine, índice de exposición biológico según Workplace Exposure Standards and Biological Exposure Indices New Zealand décima edición. En el Perú no se encontraron referencias sobre los índices de exposición biológico por la exposición para cualquier tipo de químico.

Para determinar la importancia y/o la gravedad de la exposición no solo del xileno sino de todos los productos químicos que pasan por el proceso de envasado se evaluó los riesgos donde se cuantificaron valores del code health effects de la Occupational Safety and Health Administration, en adelante OSHA, y del Integration of setrams of evidence in reaching overall classifications del International Agency for Research on Cancer, en adelante IARC, para determinar la estimación del riesgo a la salud de los trabajadores de cada producto mediante la metodología Preliminary Hazard Analysis, en adelante, PHA.

El resultado de la evaluación de todos los productos químicos permitió tener un mapeo de los riesgos por exposición por inhalación, reforzando la importancia de mejorar los controles y/o aumentar el estándar actual de la organización.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Motivación

Las diversas investigaciones que se pudieron encontrar se centran en la exposición de productos terminados como, por ejemplo: pinturas, thinner, barnices, etc. donde el porcentaje de xileno fluctúa entre 20 – 30 % y en otros productos terminados donde podemos encontrar concentraciones menores. El rango porcentual mencionado está relacionado según las hojas de seguridad recopiladas en el Anexo 2. En una comercializadora de productos químicos se manipulan solventes con concentraciones no menores al 99% de pureza, por lo tanto, los riesgos frente a la exposición por inhalación son mayores.

1.2. Estado del arte

Los agentes contaminantes pueden ingresar en diferentes vías como, por ejemplo: Vía respiratoria, dérmica, digestiva y parental. Cada una de estas vías el

contaminante tiene porcentajes menores y mayores dependiendo de las propiedades física y químicas del agente contaminante. Por ejemplo, el plomo tiene una absorción de 90-95% en la inhalación y un 5-10% por la vía digestiva. La mayoría de los agentes contaminantes tiene un alto porcentaje de absorción por la vía respiratoria, por lo que es importante evaluar correctamente y controlar los riesgos en el ambiente laboral

1.3. Descripción del problema

En el 2017 y hasta junio del 2018, la Corporación GTM del Perú S.A., Brenntag Perú S.A.C. y Reno Químicos Perú S.A.C. y entre otras empresas importaron un total de 10`564, 992, 32 kilogramos de xileno. La participación de la importación de xileno en el mercado peruano por cada empresa fue del 54%, 36%, 10% y entre otras empresas sumaron un 0.0002% respectivamente. (Infogestión, 2018)

La Corporación GTM del Perú S.A., Brenntag Perú S.A.C y Reno Químicos Perú S.A.C. son empresas comercializadoras de productos químicos. La importación de productos químicos puede ser por contenedores, donde los productos llegan en cilindros de 55 galones aproximadamente o por buque tanque de 3000 toneladas 5000 toneladas a más. El Buque tanque almacena los productos a granel en tanques estacionarios ubicados en la provincia Constitucional del Callao.

Las empresas comercializadoras trasladan en cisternas de 3000, 6000 o 9000 galones a sus respectivas instalaciones. El envasado es el proceso de llenado del producto químico a cilindros de 55 galones aproximadamente. En el proceso de

envasado participan entre 2 a 3 personas aproximadamente que están expuestas al producto químico con alta concentración. En la figura 01 se puede observar el flujograma de los procesos de la empresa donde se realizó la investigación.

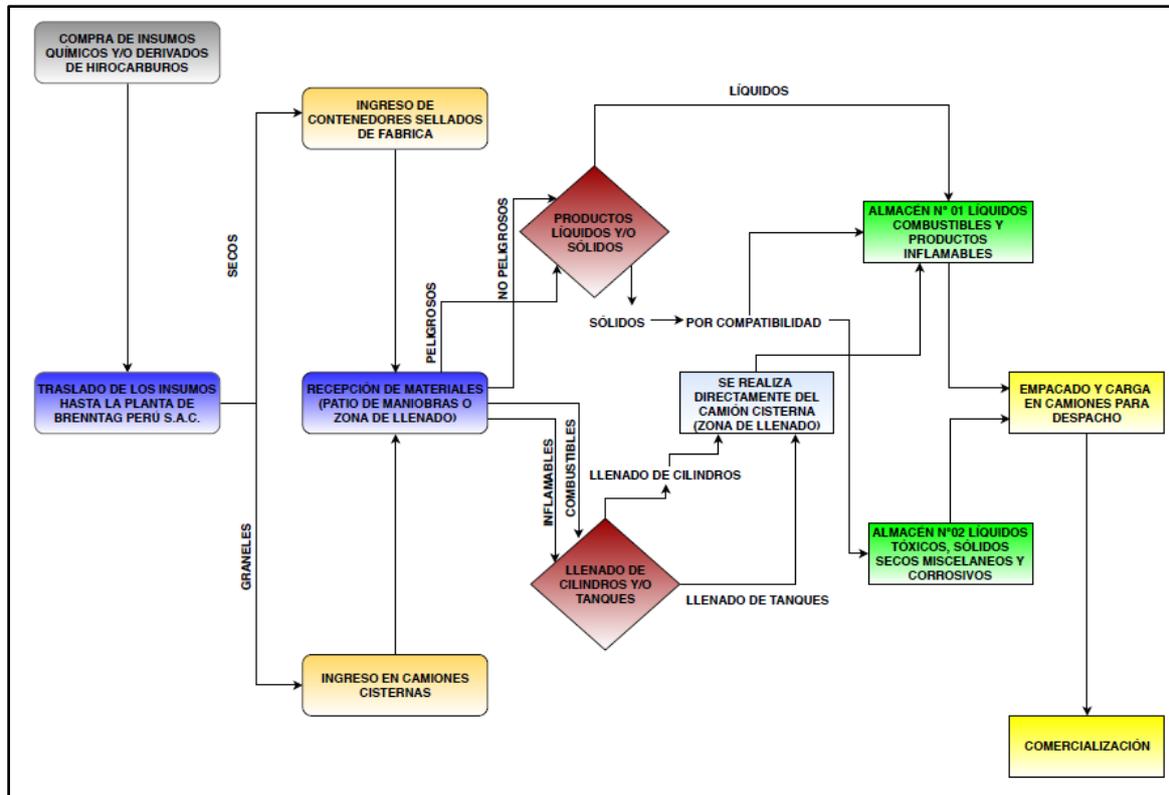


Figura 01: El flujograma de los procesos de la empresa donde se realizó la investigación desde la llegada de la materia prima por camiones cisternas o contenedores hasta su respectiva comercialización.

El xileno al ser un producto inflamable tiende a hacer volátil, por lo cual, la vía de fácil ingreso más probable sería por el sistema respiratorio. Una vez inhalado el efecto principal es la depresión del S.N.C., que provocaría síntomas como: jaqueca, náuseas y vómito. Los resultados de algunos estudios según el Recurso Nacional Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional (2018), indicaron que los voluntarios expuesto a xileno corto plazo reflejaron comportamientos neuro comportamentales como la deficiencia retención de la memoria a cortos plazo y tiempo de reacción.

Existen diferentes formas de como el xileno puede ingresar al ser humano, una de ellas lo mencionamos en el párrafo anterior, pero existe otras maneras como: la vía digestiva y la dérmica. En caso de la vía digestiva puede ocurrir cuando el agua o alimentos fueron contaminados con xileno. La absorción en los intestinos es rápido y completa luego de ingerir. Aunque se sabe que el porcentaje de absorción son significativamente diferentes según la vía de ingreso esto permite priorizar todas las medidas de protección al personal para prevenir el ingreso del agente contaminante al ser humano (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2019).

La otra forma de ingreso común es por la vía dérmica si hay contacto directo, el porcentaje probable de absorción es menor al 1%.

El xileno se absorbe rápidamente por los pulmones y la cantidad de xileno que es retenida y oscila entre 50% y 75% de la cantidad que inhala la persona. La actividad física aumenta la cantidad de xileno absorbido por los pulmones. El xileno ingresa al cuerpo y pasa rápidamente a la sangre (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2019).

Una vez absorbido el xileno este es degradado en el hígado formando metabolitos, pero una parte es eliminada en la orina y en la sudoración. El trabajador expuesto al xileno, por lo general el contaminante es excretado del cuerpo 18 horas después que

la exposición en un 90% y aproximadamente 4 a 10% del xileno que es absorbido puede ser almacenado en el tejido graso, lo que puede prolongar el tiempo necesario para que el xileno abandone el cuerpo (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2019).

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General.

- ¿Cuáles son las medidas más idóneas para controlar los riesgos frente a la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes?

1.4.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuál es el nivel de exposición de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes?
- ¿El nivel de protección frente a la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes es la adecuada?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General.

- Determinar las medidas más idóneas para controlar los riesgos frente a la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el nivel de exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes comparándolo con el valor límite máximo permisible.
- Determinar el nivel de protección frente a la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación de la investigación.

De acuerdo con la situación problemática formulada, la exposición de xileno pudo afectar la salud de los trabajadores. La afectación de la salud está

relacionada también a la concentración de xileno expuesto y en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes, la manipulación del xileno es al 99% de pureza.

Esta investigación permitió al empleador: 1) Reducir la probabilidad de ocurrencia de alguna enfermedad ocupacional asociada al xileno, 2) Evaluar los protocolos de las evaluaciones medicas ocupacionales, 3) Establecer nuevos controles para prevenir la exposición de xileno a los trabajadores que participen en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes.

1.6.2. Justificación práctica.

En la protección respiratoria, el uso de cartuchos contra vapores es habitual en la industria. El cambio de cartuchos está relacionado al umbral de olor de los trabajadores, pero cada persona tiene distinto umbral lo que dificulta tener con certeza el cambio idóneo de los cartuchos.

El uso de cartuchos con indicador de vida puede disminuir la probabilidad de exposición del solvente en el trabajador como también la selección idónea del respirador según las medidas antropométricas.

1.6.3. Justificación Legal.

Esta investigación permitió disminuir la probabilidad de enfermedades ocupacionales por la exposición por inhalación de xileno en los trabajadores que intervienen en el proceso de envasado de una empresa comercializadora de solventes. Y a su vez se evaluó un cambio y/o modificación en el protocolo de vigilancia médico ocupacional establecido por la organización, todo ello ajustado a la normativa jurídica pertinente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Los productos inflamables generalmente presentan una densidad relativa del vapor mayor a la del aire que es igual a 1, en el caso del xileno de estudio es de 3.7 por lo tanto, el vapor de xileno tiende a estar a nivel del suelo. Una vez el vapor se encuentra en el ambiente laboral, este puede ser rápidamente inhalado a través de los pulmones, los vapores pueden cruzar con facilidad la membrana celular, y debido a su gran solubilidad en grasas, estas pueden alcanzar concentraciones significativas en el S.N.C. (Gil J., Diaz R., Coma, J. y Gil, D, 2015).

Una vez absorbido el xileno a través del sistema respiratorio, el cuerpo procede de una u otra forma a excretarlo, formando metabolitos por oxidación hepática para formar compuestos solubles en agua, por lo tanto, pueden ser excretados por la orina. Los solventes orgánicos producen efectos subjetivos que pueden ser

similares a los de la marihuana, aunque las alucinaciones visuales son más intensas. (Gil et al., 2015).

Se ha descubierto que los isómeros de xileno afectan la salud de las personas de manera similar. Aunque no se ha determinado los efectos nocivos a causa de la exposición por los niveles normales de xileno en el ambiente, pero la exposición breve a niveles altos de xileno puede provocar irritación a la piel, ojos, nariz y daños al sistema respiratorio superior; disfunción neuroconductual: cefalea, cambios emocionales, fatiga, pérdida de la memoria y posibles alteraciones del hígado y los riñones. Las exposiciones cortas como largas a altas concentraciones de xileno pueden provocar diversos efectos sobre el sistema nervioso central. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2019). Se han encontrado indicios de personas expuestas brevemente a cantidades de xileno a concentraciones muy altas fallecieron. Generalmente la información de los efectos observados a personas expuestas al xileno de manera prolongada se deriva de estudios de trabajadores en industrias que manufacturan o usan xileno. Estas personas estaban expuestas a cantidades de xileno elevados en el ambiente laboral a diferencia de los niveles a los que se expone normalmente la población general. Aunque los efectos encontrados pudieron ser causados por otras sustancias químicas que se encuentran en el aire junto al xileno.

La información recopilada en animales no son los suficientes para concluir si el xileno produce cáncer en seres humanos. El International Agency for Research on Cancer, en adelante IARC, y la Environmental Protection Agency, en adelante EPA, han determinado que la información recopilada para determinar si el xileno es

carcinogénico, por lo tanto, lo consideran no clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

- **Caracterización de la exposición a solventes en los preparadores de pintura en una comercializadora de pinturas.**

Autor: José Luis Cobo Torres

Año de investigación: 2013

Lugar: Quito, Ecuador

Motivo de la investigación: La cantidad de variedad de productos químicos cada vez aumenta cada año para la industria, y por lo general, los productos químicos reaccionan de diferentes formas al ingresar al cuerpo humano provocando el deterioro de la salud de los trabajadores. El petróleo el producto químico más usado en sus diferentes derivados como los solventes, son sus propiedades químicas que hacen de fácil absorción por inhalación y que causan daños a la salud en especial al S.N.C.

Objetivos de la investigación: Caracterizar la exposición a solventes en el proceso de elaboración de pinturas en una comercializadora.

Metodología de la investigación: Tipo transversal y mediante determinación instrumental basado en la colorimetría de gases para la determinación de solventes en el ambiente laboral.

Resultados de la investigación: El modelo CyMAT (Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo), permitió definir las diferentes variables y su respectivo impacto del estudio realizado, donde también se determinó los riesgos adyacentes, el nivel de exposición, los factores de confusión y las variantes modificaciones de exposición, lo que permitió planificar el levantamiento de los hallazgos encontrados.

- **Exposición a solventes aromáticos BTX (Benceno, tolueno, xileno) y sus efectos en la salud de los trabajadores de una Industria Petrolera del Estado Carabobo durante el periodo 2013 – 2014.**

Autor: Lic. Linery Bracho Uzcátegui

Año de investigación: 2015

Lugar: Macaray, Venezuela

Motivo de la investigación: En diversos países donde la industrialización es significativa, la exposición a hidrocarburos aromáticos se ha categorizado como una preocupación de Salud Pública, por su uso masivo en la industria química, la mala manipulación y el tipo de disposición de estos productos, son una de las

causas que generan la contaminación ambiental, laboral y efectos sobre la salud.

Objetivos de la investigación: Evaluar la exposición a solventes aromáticos BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) y sus efectos en la salud de los trabajadores de una industria petrolera del Estado Carabobo durante el período 2013-2014.

Metodología de la investigación: Investigación descriptiva y bajo un diseño no experimental.

Resultados de la investigación: Los trabajadores involucrados en la muestra, aunque están expuestos a riesgos químicos y/o de explosión, les favorece que el ambiente de trabajo es abierto, donde se ve reducido el riesgo de los mismos a la exposición de solventes aromáticos, por lo que se puede afirmar que estos trabajadores están laborando bajo condiciones adecuadas y que no se pudo evidenciar la existencia de niveles elevados en los indicadores biológicos de exposición a los solventes aromáticos BTX

- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en el proceso de compostaje de los residuos urbanos con separación en la fuente y su efecto en la salud humana.**

Autor: Juan Fernando, Saldarriaga Elorza

Año de investigación: 2009

Lugar: Medellín, Colombia

Motivo de la investigación: En la investigación el autor relata que después de una ardua investigación se determinó el deficiente o escasa labor que se ha realizado en Colombia en relación con el tema de la emisión de vapores orgánicos volátiles durante el proceso de compostaje. La falta de investigación de la emisión de vapores genera el motivo suficiente para hacernos una pregunta ¿los vapores emitidos son suficientes para afectar la salud de las personas en el centro de labores y las personas aledañas?

Objetivos de la investigación: Determinar los principales COV emitidos por el proceso de compostaje de los Residuos Sólidos Urbanos con separación en la fuente y como afectan a la salud humana.

Metodología de la investigación: La cromatografía de gases y la cromatografía gaseosas acoplada a masas.

Resultados de la investigación: En la identificación de peligros se pudo evaluar los riesgos que atañen a la salud. Los riesgos que se asocian y como aquellos compuestos orgánicos volátiles que pueden generar cáncer u otras enfermedades de las cuales podrían estar ligadas a generar problemas a diferentes órganos.

- **Evaluación y control de la exposición laboral a agentes neurotóxicos por disolventes industriales.**

Autor: Núria Cavallé Oller

Año de investigación: No especificado

Lugar: Barcelona, España

Motivo de la investigación: Los productos derivados del petróleo como: xileno, tolueno, benceno entre otros revelan consecuencias neurotóxicas en el sistema nervioso central. Las consecuencias a corto plazo, es escalonado dependientemente del nivel de exposición puede provocar: Dolores de cabeza, cansancio, cambios de la conducta, efectos similares a la embriaguez, etc. Estar expuesto a concentraciones elevadas o tiempos largos pueden provocar consecuencias mayores e inclusive la muerte.

Objetivos de la investigación: Identificar las principales acciones para prevenir los riesgos por exposición a disolventes en el lugar de trabajo.

Metodología de la investigación: La valorización del riesgo a causa de una exposición de los vapores orgánicos se basaron por monitoreos estacionales para determinar la concentración de los agentes químicos en el aire.

Resultados de la investigación: El factor humano es la causa más común en cuanto a la generación de incidentes. Para evitar la

exposición de los solventes ya sea por inhalación, el trabajador debe de conocer los peligros y riesgos a la cual está expuesto, por lo cual, las capacitaciones para concientizar a los trabajadores son de vital importancia para disminuir incidente de exposición.

- **Alteraciones respiratorias a causa de inhalación de aire contaminado por gases de combustible en despachadores de gasolineras de la ciudad de Loja.**

Autor: Emersson Homero Angamarca Castillo

Año de investigación: 2014

Lugar: Loja, Ecuador.

Motivo de la investigación: Las enfermedades de origen ocupacional o profesionales se generan por diversos factores adquiridos en el ambiente laboral, la cual el empleador se debe de responsabilizar. La frecuencia más alta es la afectación al sistema respiratorio y la piel, considerando que la mayoría de los contaminantes se dirigen directamente a los órganos DIANA una vez ingresado al ser humano.

Objetivos de la investigación: Los objetivos se basan en determinar las alteraciones respiratorias a causa de inhalación de aire contaminado por gases de combustible, establecer los principales efectos respiratorios, indagar acerca otros problemas que puede ocasionar la inhalación, estudiar la saturación de oxígeno a través de la

pulsioximetría e indagar sobre antecedentes patológicos relacionados con la ocupación de despachadores de combustible en la ciudad de Loja.

Metodología de la investigación: El estudio es de tipo cuantitativo, descriptivo, prospectivo, de cohorte transversal.

Resultados de la investigación: El 82,6% manifiesta no haber presentado rinitis, mientras que el 17,4% si ha notado que ha aumentado en la frecuencia de exacerbaciones desde el tiempo de exposición.

2.1.2. Investigaciones nacionales.

- **Identificación de ácido hipúrico y fenoles en orina de trabajadores, con exposición laboral, de imprentas del Centro Comercial Lima, Cercado de Lima.**

Autor: Br. Olivera Cueva Carlos Eduardo.

Año de investigación: 2018

Lugar: Lima, Perú

Motivo de la investigación: En el país a lo largo del tiempo ha aumentado el número de empresas por lo que la industria química no ha sido ajena a este crecimiento como la fabricación de pinturas,

thinner, colas, desengrasantes entre otros. El otro lado de la moneda es que la población trabajadora está más expuesto a estos productos químicos, entre ellos tenemos a los solventes como el xileno, tolueno y el benceno por lo que generar acciones para evitar daños a la salud por medio de programas y planes de vigilancia médica acorde a los productos químicos usados en cada organización es de vital importancia.

Objetivos de la investigación: Determinar la concentración de ácido hipúrico y fenoles totales como indicadores de exposición laboral a tolueno y benceno en muestra de orina de trabajadores de imprentas del Centro Comercial Lima, Cercado de Lima.

Metodología de la investigación: La investigación es de tipo descriptivo, transversal, prospectivo y la Metodología Técnica operatoria para la cuantificación de ácido hipúrico. Método de titulación de Weichselbaum y probstein.

Resultados de la investigación: El estudio estadístico de ácido hipúrico se aplica la prueba T de students donde queremos afirmar que existen diferencia significativa entre la media obtenida en los resultados de las muestras de orina luego de haber aplicado la determinación de ácido hipúrico en orina por el método de Weichselbaum y Probstein (suponiendo que el valor más alto que se pudiera encontrar es 1,4 g/L, es decir tomando este valor como el

más alto encontrado) entonces encontramos que de las 40 muestras el promedio de ácido hipúrico es 2.04823, con una desviación típica de .38231 y un E de la media de ,06045

- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en la industria de pintura y sus disolventes en Perú – Análisis de caso y estrategias de gestión ambiental y salud ocupacional.**

Autor: Renato Gonzalo, Riveros Alcedo

Año de investigación: 2017

Lugar: Lima, Perú

Motivo de la investigación: ¿Las normas nacionales actuales permiten contar con una gestión ambiental y de salud ocupacional eficientes asociadas al uso de compuestos orgánicos volátiles en la industria en general?

Objetivos de la investigación: Identificar los compuestos orgánicos volátiles generados por los diferentes procesos para la elaboración de pinturas y clasificar la lista de productos químicos utilizados con ese fin.

Determinar los riesgos inherentes que afecten la salud de los trabajadores por la exposición continua a los compuestos orgánicos volátiles generados en el proceso de elaboración de pinturas y sus

disolventes según el grado de peligrosidad en relación con las cantidades utilizadas, la cantidad de trabajadores y la frecuencia de exposición.

Determinar el valor de emisión de los compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera a causa de la fabricación de pinturas y los disolventes en una industria en el Perú, donde posteriormente se extrapolará a la producción nacional, usando el método de US. EPA aplicado en México.

Realizar una comparación de la legislación actual sobre los compuestos orgánicos volátiles en la industria de pintura y sus disolventes con la legislación a nivel internacional, para encontrar las debilidades legislativas de nuestro país.

Determinar alternativas de implementación que permitan disminuir los índices de emisión de los compuestos orgánicos volátiles con la finalidad de mejorar la gestión ambiental y la gestión de salud ocupacional de los trabajadores contemplando su entorno laboral en las industrias de pintura.

Metodología de la investigación: En el proceso de análisis químico sobre los compuestos orgánicos volátiles como agentes contaminantes se utilizaron métodos cuantitativos para determinar los valores de emisión de los COV al ambiente exterior y en relación

con los riesgos ocupacionales por la exposición de los vapores orgánicos se utilizaron métodos cuantitativos de monitoreo para determinar el nivel de riesgo que está expuesto los trabajadores. El conjunto de análisis permite determinar los impactos y los riesgos asociados a la fabricación de pintura por las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles.

Resultados de la investigación: Los valores reportados en los monitoreos reflejaron que la concentración de los compuestos orgánicos volátiles en el ambiente laboral es encontraron muy por encima de los límites de exposición ocupacional según la legislación peruana. Para el caso del xileno se reportó una concentración de 3131 mg/m³ y su valor límite permisible es 434 mg/m³, y el tolueno con una concentración de 9649,8 mg/m³ siendo su valore límite permisible de 188 mg/m³. Los resultados arrojados permiten concluir que los valores de exposición en el ambiente de trabajo por la presencia de vapores orgánicos volátiles presentan un riesgo significativo para los trabajadores.

- **Relación entre la exposición a solventes orgánicos aromáticos desprendidos en grifos y las alteraciones neurológicas – comportamentales nocivos en sus trabajadores, Lurín 2017.**

Autora: Ramos Santos, Sarita Yulibet

Año de investigación: 2017

Lugar: Lima, Perú

Motivo de la investigación: Encontrar la influencia entre la exposición a solventes orgánicos aromáticos de los grifos de Lurín y como esta exposición altera el sistema neurológico-comportamental de sus trabajadores, por lo que es importante determinar los controles para reducir los riesgos a la salud ocupacional con la finalidad de evitar la aparición de enfermedades ocupacionales debido a la exposición indebida de los químicos.

Objetivos de la investigación:

- ✓ Encontrar la relación entre la exposición a solventes orgánicos aromáticos desprendidos en grifos y las alteraciones neurológicas-comportamentales generales en sus trabajadores, Lurín 2017.
- ✓ Determinar la relación que existe entre la exposición a solventes orgánicos aromáticos desprendidos en grifos y las alteraciones neurológicas-comportamentales sensitivos de los trabajadores, Lurín 2017.
- ✓ Determinar la relación que existe entre la exposición a solventes orgánicos aromáticos desprendidos en grifos y las alteraciones

neurológicos-comportamentales referidos al estado de ánimo y personalidad de los trabajadores, Lurín 2017.

- ✓ Determinar la relación que existe entre la exposición a solventes orgánicos aromáticos desprendidos en grifos y las alteraciones neurológicas-comportamentales cognitivos de los trabajadores, Lurín 2017.

Metodología de la investigación: Es de tipo Descriptivo, Correlacional, con el nivel inductivo y transversal.

Descriptiva: En el estudio menciona el motivo del porque algunas propiedades toxicológicas de varios solventes orgánicos están relacionados a diversos problemas de salud del trabajador. El estudio que se elaboró está basado en fundamentos teóricos y científicos, que responden a las causas que provoca la exposición de solventes orgánicos en el ambiente laboral.

Correlacional: La investigación se considera correlacional porque determina en base de la variable dependiente una correlación dependiente y que está correlacionada a la variable independiente, por lo tanto, las consecuencias nocivas a causa de la exposición de solventes orgánicos volátiles en el ambiente laboral.

Resultados de la investigación: Se determinó que existe una correlación entre el nivel de exposición de los solventes orgánicos volátiles emitidos por la actividad relacionada a la comercialización de hidrocarburos para el sector vehicular con las alteraciones neurológicas relacionados al comportamiento del trabajador expuesto, con un valor al 12%

- **Determinación de fenoles, ácido hipúrico y ácido metilhipúrico en orinal como indicadores biológicos de exposición al Benceno, Tolueno y Xileno en trabajadores expuestos en una fábrica de cauchos en Lima Metropolitana.**

Autora: Liz Evelyn Pérez Ramos y Victor Elmo Miranda García.

Año de investigación: 2014

Lugar: Lima, Perú

Motivo de la investigación: Se recopiló información de diversos estudios en personas expuestas de diferentes formas comprobando la presencia de los metabolitos generados por la exposición del benceno, tolueno y xileno. La finalidad fue verificar si la población de estudio presenta niveles de exposición por algunos de los solventes mencionados líneas arriba.

Objetivos de la investigación:

- ✓ Determinar el nivel de concentración de ácido hipúrico, ácido metil hipúrico y fenoles totales a 90 trabajadores con exposición en una empresa de caucho en Lima Metropolitana en el distrito de Ate.

Metodología de la investigación: Para determinar xileno, tolueno y benceno se usaron las siguientes metodologías respectivamente: La determinación del ácido metil hipúrico y metilhipúrico se efectuó directamente por HPLC, cromatografía líquida de alta performance. En relación con la cuantificación de fenoles totales en orina se usó la 4-aminoantipirina por espectrofotometría UV-visible.

Resultados de la investigación: Los resultados de las pruebas demostraron que los trabajadores muestrados tenían niveles bajos de concentración de cada metabolito, por lo tanto, se podría presumir que en el ambiente de trabajo no hay exposición de xileno, tolueno y benceno.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El xileno.

En distintas fuentes se concluyen que existen tres formas de xileno de las cuales dependiendo la posición del grupo metilo en el anillo de benceno tiene un nombre específico como: meta – xileno, orto – xileno y para – xileno (m-, o- y p-xileno). Estas diferentes formas se conocen como isómeros. En algunos certificados de análisis podrán encontrar el término xilenos totales esto quiere decir que es la suma de los tres isómeros del xileno. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2019) afirma que “La mezcla de xileno contiene los tres isómeros y generalmente también contiene 6 a 15% de etilbenceno” (p.1). En las hojas de seguridad en la cual se anexa en la presente investigación el xileno presenta algunos sinónimos como xilol o dimetilbenceno. El xileno es un líquido inflamable pues presenta como punto de inflamación 29°C bajo la metodología de copa cerrada y al estar por debajo de 37.8°C es considerado como líquido inflamable.

Por lo general, los líquidos inflamables por su bajo punto de inflamación tienden a ser muy volátiles, por lo tanto, evaporan rápidamente. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2019) afirma que: “La mayoría de la gente puede empezar a detectar el olor del xileno en el aire cuando está en concentraciones de 0.008 a 3.7 partes de xileno por millón de partes de aire (ppm) y 0.53 a 1.1 ppm en el agua” (p.

2). Es bueno resaltar que, el umbral de olor de cada persona es distinto, pues una persona que está acostumbrado a un olor en particular cada vez se vuelve menos perceptible y en cambio una persona que no está habituada a ese olor puede percibir rápidamente el cambio.

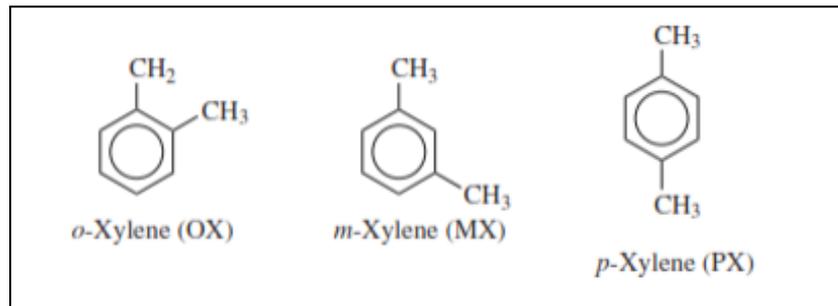


Figura 02. Estructura química de los isómeros de xileno. Copyright 2018 por Ana L. (2018)

2.2.2. El Metabolismo del xileno.

Existen diferentes medios por el cual un contaminante puede ingresar al ser humano entre ellos puede ser por la vía respiratoria, vía dérmica o por la vía digestiva.

La exposición al xileno puede ocurrir por la vía inhalatoria, dérmica o por ingestión. La retención pulmonar alcanza al 60 – 65 % de la cantidad inhalada y no varía con la intensidad o duración de la exposición, pero si con la ventilación pulmonar. Se ha calculado que en el hombre se metaboliza aproximadamente el 95% del xileno absorbido, y solamente del 3% al 6% se excreta inalterado en el aire espirado.

La ruta metabólica principal es la oxidación de los ácidos metilbenzoicos, en el hombre, conjugan principalmente con la glicina para formar los ácidos o-, m- y p-metilhipúricos (ácidos tolúricos) que se excretan en la orina. Los metabolitos del xileno se excretan rápidamente, siendo normal encontrar que la cantidad de ácido metilhipúrico excretada alcance un máximo al final del período de exposición. El metabolismo del xileno puede verse alterado por la ingesta de etanol, la actividad física, consumo de aspirina y fenobarbital. (Vigilancia médica para los trabajadores expuestos a benceno, xileno y xileno; Fonseca, Heredia y Navarrete, 2007, p.5)

Esto significa que el monitoreo biológico que se realizara a los trabajadores deberá de realizarse al terminar la jornada laboral con la finalidad de evitar que el xileno pueda excretarse y a su vez informar las recomendaciones antes de realizar el monitoreo para evitar falsos positivos por las alteraciones que podrían provocar el consumo de aspirinas, la ingesta de alcohol y todo lo mencionado en la cita líneas arriba.

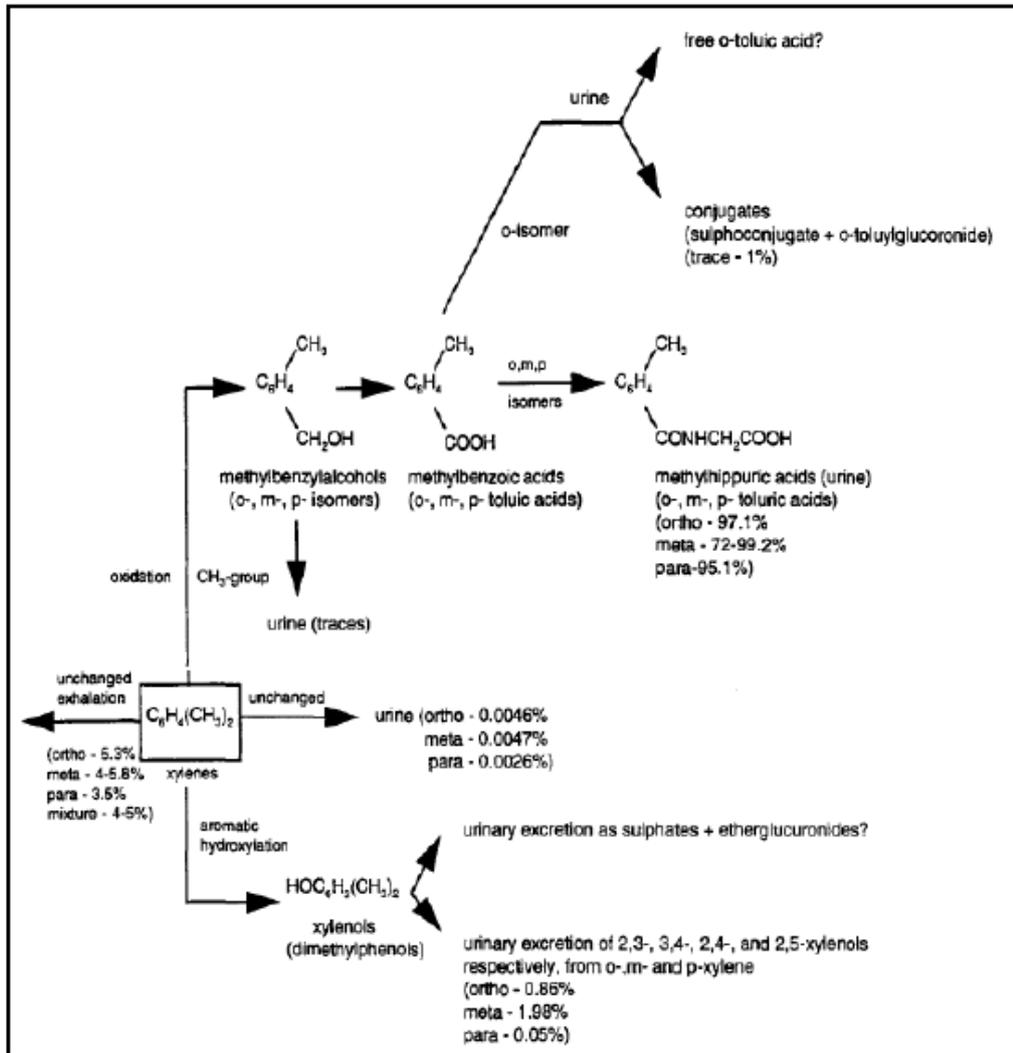


Figura 03: Biotransformación del xileno. Copyright 2014 por Liz P y Victor E.

2.2.3. El Umbral olfativo.

El umbral de olor es subjetivo a la percepción de cada persona y esto puede estar muy relacionado al hábito y al tipo de ambiente laboral a la cual está expuesto, por lo que encontrar un valor de Umbral de olor puede permitir determinar cuándo podría realizarse el cambio de cartuchos de protección respiratoria.

El umbral olfativo de una sustancia química está relacionada a la concentración de una determinada sustancia de la cual puede ser percibida por el 50% de las personas expuestas al estudio de las cuales tiene la característica de no ser poco ni tan perceptibles al olor de referencia y sobre todo no cuenten con ninguna patología en la olfacción.

La Norma Técnica Preventiva de España, hace referencia a valores medios de las sustancias analizadas en el estudio. A su vez se debe considerar que el umbral de olor se determina en condiciones de laboratorio, por lo tanto, los valores son referenciales para utilizarlos en comparación con un ambiente laboral y otras variables como la presencia de otras sustancias olorosas.

Si bien, desde un punto de vista particular las pruebas organolépticas deberían de dejar de usarse ya que expone al trabajador a vapores químicos que pueden provocar un deterioro de la salud del trabajador en mediano o largo plazo.

En el mercado internacional se está comercializando cartuchos con indicador de vida, permitiendo al trabajador realizar el cambio de cartuchos antes que el usuario pueda percibir el olor. En el párrafo anterior se definió el concepto del umbral de olor, por lo tanto, se puede concluir que las personas expuestas a un producto químico determinado y otra persona que no está habituada a la exposición de este producto químico los

umbrales de olor serán totalmente distintos si ambas personas no tienen problemas patológicos de olfacción.

Al tener umbrales de olor distinto existe la posibilidad que los trabajadores que están expuestos a sustancias químicas realicen los cambios de cartucho de manera inadecuada, aumentando la posibilidad de una exposición antes del cambio del cartucho que ya estuvo saturado.

A nivel país, los cambios de cartuchos están relacionados al umbral de olor de cada persona, este tipo de criterio no debe ser el principal indicador para realizar el cambio del cartucho del usuario como resultado de la norma OSHA, 29 CFR 1910.134. La persona responsable del área de seguridad de la organización debe establecer un programa que permita realizar los cambios de cartuchos basados a la información histórica de los cambios de cartuchos del trabajador. La finalidad es realizar el cambio respectivo antes de que el cartucho llegue a su vida útil bajo las mismas condiciones (Guía para la selección de respiradores 3M, 2015).

2.2.4. Los Cartuchos con indicador de vida útil.

Se encontró información de cierto cartucho de la marca 3M que presenta una pantalla donde se puede apreciar por una barra de color rojo el tiempo de vida de un cartucho.

Incluye el indicador de vida útil de 3M, un indicador que ayuda a usuarios a determinar cuándo es necesario cambiar el cartucho en el ambiente en el que uno se encuentre. Siempre leer el Manual de Usuario para determinar si el cartucho 6000i de 3M es adecuado para tu ambiente de trabajo. Cartucho aprobado por NIOSH para algunos vapores orgánicos. Usar con Respiradores 3M de medio rostro y cara completa de la serie 6000, 6500, 7500, 7800 y FF-400. (Guía para la selección de respiradores 3M,2015).

2.2.5. Prueba de ajuste cuantitativa.

La función principal de un respirador es asegurar que la persona se encuentre lo menos posible expuesta algún agente químico o biológico según sea el caso de la actividad económica. Las medidas antropométricas de cada persona son distintas ya sea por su contextura o por que sufrió algún accidente en el rostro u otras variables que causen que el respirador proporcionado por el empleador no sea adecuado y por lo tanto genere un riesgo de exposición. La prueba de ajuste cuantitativo respiradores asegura que el sellado entre el respirador y el rostro se realice de forma hermética evitando el ingreso de aire. Aproximadamente la prueba de ajuste dura 20 minutos de lo cual, consta de una serie de movimientos del rostro que asemeje a los movimientos en plena jornada laboral.

El resultado de la prueba de ajuste cuantitativo de respiradores se basa en una comparación entre el factor de ajuste que viene hacer el factor de protección asignado para el tipo de respirador multiplicado por 10 y el

factor global siendo este último valor mayor que el factor de ajuste para pasar la prueba.

La compañía 3M hace referencia que se realizaron estudios en ambientes laborales usando la prueba de ajuste cualitativa para determinar correctamente la talla adecuada para el usuario. En los estudios demostraron buenos resultados de protección al validar dicha prueba de ajuste cualitativa. Este resultado no tuvo desviaciones en comparación con otra metodología ya que fueron validados por factores de 100, que quiere decir 10 veces por el factor de protección asignado al tipo de respirador (3M, 2017).

2.2.6. Factor de protección.

Los respiradores poseen un factor de protección según el tipo de agente contaminante que estará expuesto la persona. Para determinar el factor de exposición se deberá de dividir la concentración del contaminante sobre el Valor Límite Permisible. Una vez obtenido el resultado podrá seleccionar un respirador con un factor de protección adecuado para el tipo de actividad.

$$\text{Factor de exposición} = \frac{\text{Concentración del contaminante en el aire}}{\text{OEL}}$$

Factores de protección asignados de acuerdo con la OSHA 29 CFR 1910.134 se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1

Factores de protección de los respiradores.

Respirador	Factor de protección
Respiradores Purificadores de aire	
Media máscara (libre de mantenimiento y reutilizable)	10
Máscara completa	50
Respirador purificador de aire reforzado	
Máscara de ajuste holgado	25
Media máscara	50
Máscara completa, casco, o capucha	1000

El factor de protección para cada tipo de equipo de protección respiratoria está basado según la OSHA 29 CFR 1910.134

2.2.7. Los Métodos para la identificación de riesgos químicos.

- a. **Check lists o listas de comprobación.** Es una lista de criterios establecidos para una determinada tarea, la cual permite estandarizar todos los criterios y asegurar su cumplimiento a cabalidad.

Ámbito de aplicación. Este tipo de metodología tiene una aplicación muy generalizada en la mayoría de las actividades económicas.

El resultado de la aplicación de la metodología de Check List el nivel de cumplimiento de una lista de identificación determinada donde se identifiquen riesgos y posibles desviaciones de los procedimientos ya implementados.

b. Análisis preliminar de riesgos. Generalmente conocido como PHA.

El Análisis Preliminar de Riesgos en su traducción en el español es una metodología que permite identificar riesgos en la fase de desarrollo de las instalaciones para evitar accidentes y obtener controles.

El APR en sus iniciales en español inicia con la selección de actividades, equipos y el entorno que pueda generar un riesgo para las personas e instalaciones. En algunas ocasiones pueden valorizar según el nivel de riesgos la probabilidad de ocurrencia y la severidad del accidente. Una vez calculada las estimaciones se llega a priorizar los controles más relevantes. La estimación o la ponderación de cada riesgo identifica va a depender de la experiencia del evaluador por lo que es bastante subjetiva.

Ámbito de aplicación. Se utiliza preferentemente para la identificación de riesgos en la fase de diseño previo de nuevas instalaciones para prever los principales y profundizar en el resto de los riesgos en el diseño final (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2013).

c. Análisis What If. En su traducción al español podría ser “¿Qué pasa

sí?” Esta metodología nos permite preguntarnos qué tipo de riesgo puede existir si realizar una actividad determinada, la cual nos permite encontrar posibles desviaciones desde el pre-proyecto,

proyecto y en la operatividad de este. Es claro que el evaluador debe de tener cierta experiencia para poder auto cuestionarse adecuadamente para que la herramienta sea eficiente al detectar a tiempo cualquier posible desviación de los procedimientos y este se convierta en un accidente

Ámbito de aplicación. El método puede usarse en distintas actividades económicas, pero lo que depende del buen resultado de esta metodología es realizar un cuestionamiento profundo y exacto se sugiere que participen varias personas con diferentes especialidades para asegurar un buen resultado del método.

Las preguntas se formulan en función de la experiencia previa y se aplican, tanto a proyectos de instalación, como a plantas en operación, siendo muy común su aplicación ante cambios propuestos en instalaciones existentes (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2013).

- d. Análisis funcional de operatividad (HAZOP).** El HAZOP en sus siglas en inglés es una técnica que es realizada por un equipo multidisciplinario que permite evaluar diferentes aspectos en un proceso en particular. La metodología consiste en analizar secuencialmente las causas y las consecuencias de posibles desviaciones de las variables de un proceso de terminado.

Para realizar esta metodología de una manera eficiente se deberá de separar procesos específicos para identificar subsistemas o unidades para su posterior análisis, por ejemplo: Flotación de minerales, reacciones en reactores, preparación de la materia prima, etc.

Una vez identificados los subsistemas se procederá a seleccionar una serie de nudos o puntos exactos de cada proceso. Los nudos pueden ser: Válvulas, tuberías de alimentación, bombas, etc. Luego cada nudo enumerado por cada subsistema y en sentido en que va el proceso. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. En los nudos se deberá de determinar las variables importantes como: presión, temperatura, caudal, presión de vapor, inflamabilidad, etc.

Ámbito de aplicación. La metodología puede utilizarse de manera especial a todos los procesos que estén sometidos a variables críticas o para procesos con complejidad operacional.

El tipo de metodología usualmente es beneficiosa para instalaciones nuevas porque puede identificar problemas de diseño, construcción, etc. que en su momento pudieron pasar por alto en la primera fase de concepción. Por otro lado, las recomendaciones que puedan resultar del estudio pueden realizarse o incorporarse fácilmente (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2013).

2.2.8. Valores Límites Permisibles.

En el año 2005 se emitió el Decreto Supremo N°015 por el cual se expidió el Reglamento sobre Valores Límite Permisible para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo en el Perú, con el objetivo en prevenir los riesgos ocupacionales por la exposición a sustancias o agentes químicos que pueda afectar la salud de los trabajadores.

Los valores límites adoptados en la norma son el TWA y el STEL, en el caso del xileno presenta valores para cada isómero, pero no establecen los valores límites biológico en el trabajador a diferencia de los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España publicada en el 2018, donde no solo especifica los valores límites de exposición en el ambiente de trabajo sino se establece los valores límites biológicos en el trabajador.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Operacionalización de las variables

Tabla 2:

Operacionalización de variables.

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
Número de trabajadores bajo la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado	Independiente	La exposición de agentes químicos en el medio en el cual se encuentra laborando, puede causar enfermedades ocupacionales por un estado patológico contraído por la exposición en el centro laboral.	Número de trabajadores expuestos / Número de trabajadores sin índice de exposición biológico x 100%	Porcentaje
Nivel de exposición por inhalación de xileno.	Dependiente	Concentración de xileno en el ambiente de trabajo (ppm)	o – xileno m – xileno p - xileno	ppm ppm ppm
		Concentración del ácido metilhipúrico en la orina	Ácido metilhipúrico	mg/g creatinina
Nivel de protección respiratoria frente a la exposición por inhalación de xileno.	Dependiente	Análisis de riesgos frente a la exposición por inhalación de xileno.	Número controles identificados / Número controles ejecutados x 100%	Porcentaje

3.2. Hipótesis de la investigación

3.2.1. Hipótesis General.

- Los controles habituales del proceso de envasado de una empresa comercializadora de solventes no son los adecuados para la exposición por inhalación de xileno por encima del valor límite máximo permisible.

3.2.2. Hipótesis Específicas.

- El nivel de exposición por inhalación de xileno por encima del límite máximo permisible en el proceso de envasado de una empresa comercializadora de solventes generará riesgos significativos para la salud de los trabajadores.
- Los nuevos controles permitirán tener un adecuado nivel de protección para reducir riesgos significativos por la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes.

CAPITULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Descripción de la metodología

4.1.1. Análisis de riesgo de la zona de envasado.

Uno de los factores importantes de esta investigación es la cuantificación de los riesgos que están expuestos los trabajadores de la zona de envasado, por lo tanto, se seleccionó un método acorde a las actividades que se realizan en la zona de trabajo. En el ítem 2.2.5. se encuentra la metodología análisis preliminar de riesgos o PHA en sus siglas en ingles. Para esta metodología la determinación de ciertos indicadores como: Probabilidad y severidad fueron formuladas de la siguiente manera:

- a) Determinación de la probabilidad: La probabilidad fue clasificada según el historial de envasados realizados en el periodo 2017 y mediados del 2018, todo por un total de 100% y por el grado de

- b) La confidencialidad de la información: Solo se proporcionará directamente el valor de la probabilidad, ver tabla 3.

Tabla 3

Probabilidad según la capacidad de envasado de cada producto químico.

Producto químico	Probabilidad
ACETATO DE BUTILO	10.34
ACETATO DE ETILO	1.38
ACETATO DE PROPILO	4.14
ALCOHOL ISOPROPILICO	6.90
BUTIL GLICOL	5.52
EXXOL D40	0.28
EXXOL DSP 75-95	0.41
METIL ISOBUTIL	2.76
CARBINOL - MIBC	12.41
PROPANOL	6.90
SOLVENTE 1	11.03
SOLVESSO 100	12.41
TOLUENO	13.10
VINIL ACETATO	12.41
MONOMERO - VAM	12.41
XILENO	12.41

La probabilidad está en relación con la cantidad de envasado realizado durante el periodo 2017 y mediados del 2018.

- c) Determinación de la severidad: La severidad está sujeta a los riesgos de cada producto según las publicaciones de las siguientes organizaciones: OSHA e IARC. La severidad se determinó bajo la suma siguiente:

$$\text{Severidad} = \text{Severidad 1} + \text{Severidad 2}$$

Donde, los valores de la severidad 1 y severidad 2 fueron cuantificadas según las tablas 4 y 5

Tabla 4

Integration of streams of evidence in reaching overall classifications (the evidence in bold italic represents the basis of the overall evaluation)

Stream of evidence				
Evidence of	Evidence of	Mechanistic evidence	Classification based on strength of evidence.	Severidad
cancer in humans	cancer in experimental animals			1
Sufficient	Not necessary	Not necessary	Carcinogenic to humans (Group 1)	4
Limited or inadequate	Sufficient	Strong (b) (1) (exposed humans)		
Limited	Sufficient	Strong (b) (2-3), Limited, or inadequate	Probably carcinogenic to humans (Group 2A)	3
Inadequate	Sufficient	Strong (b) (2) (human cells or tissues)		

Limited	Less than sufficient	Strong (b) (1-3)		
Limited or Inadequate	Not necessary	Strong (a) (mechanistic class)		
Limited	Less than Sufficient	Limited or Inadequate		
Inadequate	Sufficient	Strong (b) (3), Limited, or inadequate	Possibly carcinogenic to humans (Group 2B)	2
Inadequate	Less than Sufficient	Strong b (1-3)		
Limited	Sufficient	Strong (c) (does not operate in humans)		
Inadequate	Sufficient	Strong (c) (does not operate in humans)	Not classifiable as to is carcinogenicity to humans (Group 3)	1

La clasificación de carcinógenos basada en la solidez de la evidencia fue obtenida del International Agency for Research on Cancer (IARC) de la Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Preamble, 2019.

Tabla 5*Code health effects*

Code	Health effects	Severidad
		2
HE1	Cancer---Currently regulated by OSHA as carcinogen	
HE2	Chronic (Cumulative) Toxicity---Known or Suspected animal or human carcinogen, mutagen (except Code HE1 chemicals)	
HE3	Chronic (Cumulative) Toxicity---Long-term organ toxicity other than nervous, respiratory, hematologic or reproductive	4
HE4	Acute Toxicity---Short-term high risk effects	
HE5	Reproductive Hazards---Teratogenesis or other reproductive impairment	
HE6	Nervous System Disturbances---Cholinesterase inhibition	
HE7	Nervous System Disturbances---Nervous system effects other than narcosis	
HE8	Nervous System Disturbances---Narcosis	3
HE9	Respiratory Effects Other Than Irritation---Respiratory sensitization (asthma or other)	
HE10	Respiratory Effects Other Than Irritation---Cumulative lung damage	
HE11	Respiratory Effects---Acute lung damage/edema or other	
HE12	Hematologic (Blood) Disturbances---Anemias	
HE13	Hematologic (Blood) Disturbances---Methemoglobinemia	2
HE14	Irritation-Eyes, Nose, Throat, Skin---Marked	
HE15	Irritation-Eyes, Nose, Throat, Skin---Moderate	

HE16 Irritation-Eyes, Nose, Throat, Skin---Mild

HE17 Asphyxiants, Anoxiants

Explosive, Flammable, Safety (No adverse effects encountered
HE18 when good housekeeping practices are followed) 1

Generally Low Risk Health Effects---Nuisance particulates,
HE19 vapors or gases

HE20 Generally Low Risk Health Effects---Odor

Los efectos principales de la exposición a cada sustancia enumerados por códigos de salud de OSHA y los efectos de salud. Los códigos de salud se utilizan para determinar una violación de un estándar de contaminantes del aire es grave o no, según las pautas del manual de operaciones de campo, Instrucción de OSHA CPL 2.45B, capítulo IV.

d) Indicador del riesgo. Está en función de la multiplicación de la probabilidad y la severidad.

e) Determinación de la estimación del riesgo. La estimación será de igual de importante para todos los productos evaluados.

4.1.2. Monitoreo del xileno en el ambiente de trabajo.

a) Materiales, Insumos y equipos.

- Medidor de gases para ambientes de trabajo de la marca RAE, con las siguientes especificaciones técnicas:

- Tipo de monitor: Personal multi – gas de lectura directa y registro automático.
 - Sensores disponibles: Oxígeno, combustible (LEL), compuestos orgánicos volátiles.
- Sensores intercambiables, sensores inteligentes.
- Puntos de alarma: altamente tóxico/LEL/oxígeno, bajo oxígeno, TWA tóxico.
 - Modos de Operación: aprobación/falta, básico, higiene industrial.
- b) Método para el monitoreo ocupacional.

El monitoreo del xileno en el ambiente de trabajo estuvo a cargo de la consultora SSOMAC consultores S.A.C. La metodología que se empleó según las especificaciones indicadas por la National Institute For Occupational Safety Health (NIOSH, 1980) y Occupational Safety And Health Administration (OSHA, 1983).

Se realizó la instalación del equipo según indicaciones de la metodología de monitoreo, se colocó el equipo a una altura de un metro y 60 centímetros en la parte más desfavorable para tener una mayor representatividad de la medición y 0.3 metros de la atmosfera respirable del trabajador. Los puntos de monitoreo por zonas se encuentran

especificado en la tabla 6 y el monitoreo al puesto de trabajo se detalla en la tabla 7.

Tabla 6

Estaciones de monitoreo ocupacional

Estación de monitoreo	Área de trabajo	Número de trabajadores	Actividades
VOC-01	Área de envasado	T – 01	El proceso de
		T – 02	envasado de cisterna
		T – 03	a cilindros.
VOC-02	Perímetro del área de envasado.	No hay trabajadores con nivel de protección respiratoria después de los 10 metros.	Límite de 10 metros de distancia desde el punto de envasado.
VOC-03	Almacén N°02	T – 05	Bodega de productos almacenados de clasificación 5, 6, 8 y 9 de peligrosidad.

Estaciones de monitoreo donde se realizará la medición cuantitativa de la exposición de xileno en los ambientes de trabajo según cada estación.

Tabla 7*Identificación de los colaboradores monitoreados.*

Colaborador	Código de identificación	Actividades
Responsable de la zona de llenado	T-1	Llenado de cilindros (30 cm. del punto de exposición directo)
Ayudante de la zona de llenado	T-2	Ajuste de tapas (1.5 metros del punto de exposición directo)
Reemplazo 1 de la zona de llenado	T-3	Boleo de cilindros (4 metros del punto de exposición directo)
Reemplazo 2 de la zona de llenado	T-4	Etiquetado de los cilindros (5 metros del punto de exposición directo)
Trabajador no expuesto - Blanco	T-5	Almacenero producto no inflamables (60 metros del punto de exposición)

Monitoreo ocupacional de los puestos de trabajo en la zona de envasado. Se instala el equipo de medición en la zona de respiración del trabajador.

c) Límites máximos permisibles.

- Perú: En la tabla 8 son los Valores Límite Permisibles que se establece en el Decreto Supremo N°015-2005-SA con el objetivo de asegurar que los agentes o sustancias químicas que se encuentren en el ambiente laboral no afecte la salud de los trabajadores y a su descendencia mediante parámetros de medición cuantitativa para que el empleador establezca controles suficientes para su minimización o eliminación.

Tabla 8*Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo*

N° CAS	Agente químico	Límites adoptados				Peso Molecular (gramos)	Notas
		TWA		STEL			
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³		
95-47-6	o-xileno	100	434	150	651	106.16	Vía dérmica VLB
108-38-3	m-xileno	100	434	150	651	106.16	Vía dérmica VLB
106-42-3	p-xileno	100	434	150	651	106.16	Vía dérmica VLB
1330-20-7	Xileno, mezcla de isómeros	100	434	150	651	106.16	Vía dérmica VLB

Valores recopilados del Decreto Supremo N°015-2005-SA Valores Límite Permisibles de Agentes Químicos en el Ambiente de trabajo.

- España: En la tabla 9 son los Valores Límite Permisibles que publica el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo de España.

Tabla 9*Límite de exposición profesional para agentes químicos en España 2018*

Nº CAS	Agente químico	Valores Límite				Notas
		VLA-ED		VLA-EC		
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
95-47-6	o-xileno	50	221	100	442	Vía dérmica VLB, VLI
108-38-3	m-xileno	50	221	100	442	Vía dérmica VLB, VLI
106-42-3	p-xileno	50	221	100	442	Vía dérmica VLB, VLI
1330-20-7	Xileno, mezcla de isómeros	50	221	100	442	Vía dérmica VLB, VLI

Valores recopilados del Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo de España

- **Estados Unidos.** En la tabla 10 son los Límites de exposición según The National Institute for Occupational Safety and Health, en adelante NIOSH, y la OSHA.

Tabla 10*Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo*

N° CAS	Agente químico	Límites adoptados			
		TWA		ST	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
95-47-6	o-xileno	100	434	150	655
108-38-3	m-xileno	100	434	150	655
106-42-3	p-xileno	100	434	150	655
1330-20-7	Xileno, mezcla de isómeros	100	434	150	655

Valores recopilados del The National Institute for Occupational Safety and Health

- d) Índice de riesgo. Para cada caso se calculó el índice de riesgo mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Índice del riesgo} = \frac{\text{Concentración reportada}}{\text{TLV (valor límite)}}$$

- e) Estimación del riesgo. Se desgrega diferentes posibles valores para generar prioridades en la gestión del riesgo identificado.

Tabla 11*Tabla del índice de riesgo*

Índice de riesgo	Clasificación
0 – 0.49 Bajo	No existe riesgo aparente para la salud del personal expuesto, pero si existe una exposición, por lo que se recomienda evaluar y cuantificar la concentración ambiental si se presenta algún cambio en el proceso.
0.5 – 0.9 Medio	La exposición al riesgo se puede considerar como leve y se requerirá del uso de elementos de protección personal, evaluación y control periódico del ambiente. A los expuestos se le debe incluir dentro de un sistema de vigilancia epidemiológico.
Superior a 1 Alto	La exposición al riesgo requiere del uso obligatorio de elementos de protección personal. También se debe prevenir y controlar el riesgo en la fuente y complementarlo con control médico del trabajador según el sistema de vigilancia epidemiológico establecido por la empresa.
Superior a 2.5 Muy alto	La exposición podría considerarse como severa y el control de riesgo en la fuente debe ser prioritario a cualquier otro control. Mientras el riesgo es controlado deberá realizarse un control médico frecuente a los trabajadores expuestos.

El contenido del cuadro fue obtenido del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España

4.1.3. Monitoreo biológico de xileno.

- a) El monitoreo biológico estuvo a cargo del Laboratorio Clínico Inmunológico Cantella S.A. bajo la metodología de la Cromatografía líquida de alta eficacia. Los valores referenciales fueron los siguientes.

Tabla 12

Índice de exposición biológico comparativo

Fuente	Indicador biológico	Índice de exposición biológico
Workplace Exposure Standards and Biological Exposure Indices New Zealand – 10 edición - 2018	Ácido metilhipúrico en orina	1.5g/litro
	Ácido metilhipúrico en orina	1g/g creatinina
TLVs and BEIs – 2015 Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices.	Methylhippuric acids in urine	1.5g/g creatinine

Los valores de índice de exposición biológico es el valor límite de concentración en el ser humano según las dos fuentes mencionadas en la tabla.

Los valores de índice de exposición biológico es el valor límite de concentración en ser humano según las dos fuentes mencionadas en la tabla.

4.1.4. Prueba de ajuste cuantitativo de respiradores.

- a) En cumplimiento con el Reglamento de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, el Decreto Supremo N°005-2012-TR indica en su artículo 97: con relación a los equipos de protección personal, adicionalmente a lo señalado en el artículo 60 de la Ley, éstos deben atender a las medidas antropométricas del trabajador que los utilizará. Por lo que, el control inmediato es asegurar que el equipo de protección personal respiratorio está acorde a sus medidas antropométricas. La prueba de ajuste cuantitativo de respiradores está a cargo del Laboratorio Clínico Inmunológico Cantella S.A. siguiendo el protocolo OHSА 29CFR1910.134 con una eficiencia no menor al 99%

4.2. Implementación de la investigación

4.2.1. Pruebas realizadas.

- a) Identificación de riesgos de la zona de llenado según el tipo de producto bajo la metodología de PHA se detalla en la tabla 17.
- b) Pruebas del monitoreo ocupacional se realizó con una consultora externa según la metodología indicada líneas arriba.



Figura 04. Equipo de medición Multi – Gas de marca RAE Systems INC. Equipo utilizado para la medición de la zona de trabajos

- c) Las pruebas de laboratorio clínico para el análisis biológico del xileno para detectar la concentración del metabolito ácido metilhipurico en la orina se realizó después de una descarga de xileno.



Figura 05. Cuatro galoneras con muestras de 24 horas de orina después de la descarga de xileno.



Figura 06. Galoneras de las muestras de dos colaboradores T-4 y T-1



Figura 07. Galoneras de las muestras de dos colaboradores T-3 y T-2

4.3. Población y muestra.

- a) Población. La población de estudio será todo el personal operativo la cual esta descrito respectivamente en la tabla 7.
- b) Muestra. Por la cantidad de trabajadores en el área de Operaciones & Logística se considerará toda la población como la muestra, ver tabla 13.

Tabla 13

Número de la muestra según el número de la población

Tamaño de grupo (N)	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	51
Número de trabajadores necesarios a medir (n)	6	7	8	9	10	11	12	14

Recomendación del Instituto de Salud Pública de Chile. Tamaño de muestra cuando se estima como grupo de más alto riesgo 20% ($\lambda = 0,2$) y confianza 0.95 ($\alpha = 0,05$) (usar $n = N$, si $N < 6$)

4.4. Técnicas de recolección de datos.

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos de las diferentes etapas de la investigación fueron las siguientes:

- a) Identificación de los riesgos en el proceso de envasado según la peligrosidad del producto químico.
- Grupos de discusión (trabajadores, jefatura de seguridad y salud ocupacional y el medico ocupacional)

- Recopilación de información de las hojas de seguridad de todos los productos químicos que pasan por el proceso de envasado.

b) Monitoreo ocupacional del ambiente laboral.

- Pruebas experimentales, utilizando un equipo de medición de gases para determinar valores en situ.

c) Monitoreo biológico del xileno.

- Pruebas experimentales.
- Recopilación de los resultados de anteriores pruebas.
- Grupos de discusión (jefatura de seguridad y salud ocupacional y el medico ocupacional).

4.5. Resultados

4.5.1. Resultados de la identificación de los riesgos.

En recopilación de la información según las hojas de seguridad de cada fabricante se evidenciaron productos con peligrosidad cancerígena, por lo que el resultado ayuda a reflejar la importancia de asegurar que los controles para la protección respiratoria son vitales para evitar daños a la salud de los trabajadores. En la tabla 17 se puede observar el detalle de las evaluaciones de los productos químicos utilizados en el proceso de envasado.

En el caso del xileno según la hoja de seguridad de la empresa Eco Petrol con revisión 10 de enero del 2014 en la sección 2 donde se indica la composición e información sobre los ingredientes del producto químico detalla que está compuesto por m-xileno, o-xileno, p-xileno y etilbenceno donde se identificaron diferentes clasificaciones de carcinogenicidad.

Tabla 14

Composición e información sobre ingredientes del xileno y su estimación de riesgo.

Nombre	CAS	%	Clasificación de carcinogenicidad	Efectos a la Salud	Estimación del riesgo
Etilbenceno	100-41-4	2-8	Group 2B	HE15 y 7	
o-xileno	100-38-3	45-65	Group 3	HE4, 8, 12,	62.07
m-xileno	95-47-6	15-20	Group 3	y 15	
p-xileno	106-42-3	15-20	Group 3		

Recopilación de la información de la tabla 17 donde se puede observar que existe la probabilidad de riesgo de afectación a la salud por exposición a sustancias probablemente cancerígenas.

4.5.2. Resultados del monitoreo ocupacional del ambiente laboral.

En la tabla 15, fueron los resultados de los monitoreos del ambiente laboral en pleno proceso de envasado y en la tabla 16 reflejan los resultados del monitoreo de la zona de respiración del personal.

Los resultados del monitoreo ambiental laboral en las estaciones VOC-01, VOC-02 y VOC-03 para cada isómero de xileno estuvieron por debajo del TLV-STEL.

Tabla 15

Resultado del monitoreo ocupacional de cada estación.

Agente químico	Estaciones de monitoreo			TLV STEL
	VOC-01	VOC-02	VOC-03	ppm
o-xileno	6.0	0.9	0,0	150
m-xileno	5.7	0.9	0,0	150
p-xileno	5.1	0.8	0,0	150

Ver la tabla 6 para referenciar los valores con cada estación de monitoreo. Los resultados estuvieron por debajo del valor TLV-STEL.

Tabla 16

Resultados del muestreo en los puestos de trabajo

Agente Químico	Puesto de trabajo				TLV STEL
	Envasado de xileno				ppm
	T-1	T-2	T-3	T-4	
o-xileno CAS N°108-88-3	14.7	6.4	2.3	3.2	150
m-xileno CAS N°95-47-6	14.1	6.2	2.2	3.1	150
p-xileno CAS N°106-42-3	12.5	5.5	2.0	2.7	150

El resultado de concentración de xileno en el puesto de envasado estuvo por debajo de los valores indicados en el D.S. 015-2005-S.A. Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el ambiente de trabajo.

Tabla 17

Análisis de riesgo del proceso de envasado.

Aspecto/ peligro	Acetato de butilo	Acetato de etilo	Acetato de propilo	Alcohol isopropílico	Butil glicol	Exxsol D40	Exxsol DSP 75- 95	Metil isobutil carbinol	Propanol	Solvente 1	Solvesso 100	Tolueno	VAM	Xileno
Flash point	27 °C @ 1013 hPa	-4°C	11,8 °C (ASTM D- 56)	12°C (ASTM D-56)	67°C (ASTM D-92)	43°C (ASTM D-56)	≤ 0°C	41°C	24 °C DIN 51755	-43°C	>35°C [ASTM D- 56]	16°C Copa abierta	-8°C	29°C
Clase(s) peligro para el transporte	3, líquidos inflamables													
LEL % (vol.)	1,2	2,2	1,7	2	1,3	0,7	1	1	2,1	1,3	0,7	1,1	2,6	1,1
UEL % (vol.)	7,5	11,4	8	13	10,6	5,6	7	5,5	13,7	7,6	7	7,1	13,4	7
Punto de ebullición	126°C 1013 hPa	(70 - 78) °C 1,013 hPa	101,5 °C	(82 - 83) °C	171°C	(160 - 198)°C	(68 - 90) °C	131,6°C @ 1013 hPa	97 °C a 100,32 kPa	(38 - 154,4) °C	140°C - 200°C [ASTM D86]	110°C	72,7°C @ 1013 hPa	(137 - 144)°C
NFPA 704	0,3,0	2,4,0	0,4,0	0,4,0	2,2,0	1,2,0	2,3,0	2,2,0	NE	1,3,0	NE	2,3,0	2,3,2	2,3,0

TWA (ppm)	150 (PE OEL)	400 (OSHA Z1)	200 (ACGIH)	200 (ACGIH)	20 (ACGIH)	200 (México OELs)	NE	26 (OSHA)	100 (ACGIH)	NE	19	50	10 (ACGIH)	Etilbenceno	m-xileno	o-xileno	p-xileno
STEL (ppm)	200 (PE OEL)	NE	250 (ACGIH)	400 (ACGIH)	50 (PE OEL)	250 (México OELs)	NE	41 (OSHA)	NE	NE	NE	150	15 (ACGIH)	125	150	150	150
CAS	123-86-4	141-78-6	109-60-4	67-63-0	111-76-2	64742-47-8	64742-49-0	108-11-2	71-23-8	8006-61-9	64742-95-6	108-88-3	108-05-4	100-41-4	108-38-3	95-47-6	106-42-3
N° UN	1123	1173	1276	1219	1993	1268	1268	2053	1274	1268	1268	1294	1301	1307			
Clasificación de carcinogenicidad	NE	NE	NE	Group 3	Group 3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	Group 3	Group 2B	Group 2B	Group 3		
Severidad 1	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	1	2	2	1		

Efectos a la salud	HE8, HE15	HE8, HE16, HE20	HE8, HE16, HE18	HE8, HE16	HE16, HE7, HE12	NE	HE15, HE8	HE15, HE8	HE8, HE16	HE16, HE7, HE18, HE2	H8	HE7, HE15	HE16, HE18	HE15, HE7	HE4, HE8, HE12, HE15
Severidad 2	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	1	3	4
Impacto/ riesgo	Exposición al producto químico														
Evaluación	Indicador probabilidad	10.34	1.38	4.14	6.90	5.52	0.28	0.41	2.76	12.41	6.90	11.03	12.41	13.10	12.41
	Indicador severidad	3	3	3	4	4	8	3	3	3	4	3	4	3	5
	Indicador riesgo/impacto	31.03	4.14	12.41	27.59	22.07	2.21	1.24	8.28	37.24	27.59	33.10	49.66	39.31	62.05
Estimación 1	IMPORTANTE														

Significativo / no significativo	TODAS SON SIGNIFICATIVAS														
Medidas de control antes	Respirador media cara de silicona marca 3M., Cartuchos 6003 marca 3M, exámenes periódicos por exposición a xileno.														
Medidas de control adicionales	Respirador de cara completa marca 3M, cartuchos 6003 marca 3M, propuesta en el protocolo médico para incluir los exámenes pre-ocupacionales por exposición a xileno, prueba de ajuste cuantitativo de respiradores, exámenes psicológicos para determinar el nivel de memoria del trabajador.														
Proveedor	Oxea corporation	Solvay USA INC.	Dow chemical iberica S.L.	ExxonMobil	Dow Peru S.A.	Exxonmobil servicios petroleros mexico, S.A.	Brenntag Chile LTDA.	Grupo celanese LTD	Dow chemical iberica S.L.	Matple gas corporation del Perú S.R.L.	Exxonmobil chemical iberia S.L.	Brenntag - colombia S.A.	Celanese LTD.	Brenntag – Colombia S.A.	
Datos sacados de la hoja de seguridad	2016	2015	2017	2018	2015	2016	2016	2016	2018	2017	2012	2013	2011	2014	

En la tabla es una recopilación de las hojas de seguridad de cada producto químico es fraccionado por la empresa donde se realizó la investigación. Las hojas de seguridad de cada fabricante están anexadas en el presente documento.

La matriz elaborada determina el nivel de riesgo para las personas en caso de exponerse directamente con el producto químico durante sus actividades. No se segrega los productos más peligrosos, pues al final todos los productos analizados presentan un riesgo para la salud humana y no pueden ser categorizados por su nivel de daño si todos presentan una probabilidad de riesgo.

Composición e información sobre ingredientes del xileno y su estimación de riesgo.

Nombre	CAS	%	Clasificación de carcinogenicidad	Efectos a la Salud	Estimación del riesgo
Etilbenceno	100-41-4	2-8	Group 2B	HE15 y 7	
o-xileno	100-38-3	45-65	Group 3	HE4, 8, 12, y 15	62.07
m-xileno	95-47-6	15-20	Group 3		
p-xileno	106-42-3	15-20	Group 3		

Recopilación de la información de la tabla 17 donde se puede observar que existe la probabilidad de riesgo de afectación a la salud por exposición a sustancias probablemente cancerígenas.

4.5.3. Resultados del monitoreo biológico.

Los resultados del análisis del ácido metil hipúrico se encuentra en la tabla 18. Todos los resultados fueron favorables.

Tabla 18*Resultados del monitoreo biológico*

Código de identificación	Colaborador	Acido metil hipurico 2019 normal: < 1.5 g/l
T-1	Responsable de la zona de llenado	0.01
T-2	Ayudante de la zona de llenado	0.07
T-3	Reemplazo 1 de la zona de llenado	0.02
T-4	Reemplazo 2 de la zona de llenado	0.01
T-5	Trabajador no expuesto - Blanco	0.034

Los resultados estuvieron por debajo del valor norma 1.5 g/l creatinina, indicando que el trabajador no estuvo expuesto al xileno durante su jornada laboral.

4.5.4. Prueba de ajuste cuantitativo de respiradores.

El personal de operaciones viene trabajando con la organización por más de 8 años. En ese periodo estuvieron realizando actividades con exposición a químicos sin asegurar que los equipos de protección respiratoria estaban acorde a sus medidas antropométricas. Los trabajadores realizan la operación de envasado con respiradores media cara donde el nivel de protección es relativamente bajo si lo comparamos con un respirador de cara completa. Los resultados se exponen en la tabla 19.

Tabla 19*Prueba de ajuste cuantitativo de respiradores*

Trabajador	Talla actual	Prueba de ajuste	
		Factor de ajuste global	Tamaño de la mascara
T-1	M	4076	M
T-2	M	2789	M
T-3	M	505	M
T-4	M	2760	M
T-5	M	753	L

Solo un trabajador tuvo una variación del respirador que utilizaba en sus actividades, la prueba de ajuste indicó que la talla correcta según las medidas antropométricas del usuario debería de ser de talla L y no M. Tenemos que resaltar que el trabajador identificado como T-5 no realiza actividades en la zona de envasado, sus funciones están localizadas a 50 metros aproximadamente desde el punto de fraccionamiento de la cisterna.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La medición de vapores de xileno tanto en las estaciones de monitoreo como en la zona de respiración del trabajador resultaron estar por debajo de 150 ppm según el D.S. 015.2005-S.A. Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de trabajo y por debajo 100 ppm según el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo de España. En las investigaciones mencionadas líneas arriba donde se realizaron monitoreos en el ambiente laboral estas fueron favorables y desfavorables donde básicamente el resultado dependió del lugar específico donde se realizaba el uso del solvente. En ambientes abiertos la concentración de xileno disminuye por lo que favorece el trabajador, en cambio el resultado es totalmente desfavorable cuando se utilizan solventes en ambientes cerrados.
- En la evaluación de los riesgos de la zona de llenado de productos químicos se corroboró que existen productos más peligrosos que el xileno, como el Monómero Acetato de Vinilo, Tolueno y el Propanol, por lo tanto, se debe mantener un estricto

control ante la posibilidad de exposición de los productos químicos usados para su comercialización. En ninguna de las investigaciones mencionaron los controles adecuados para evitar la exposición de los vapores orgánicos volátiles, solo establecieron el nivel de exposición por distintos procesos como: La elaboración de compost, la fabricación de pintura, la exposición en los grifos para la atención del parque automotor, etc.; pero todos concluyen que la exposición del xileno puede afectar la salud de los trabajadores.

- El análisis del ácido hipúrico resultó estar por debajo del valor normal 1.5 g/l de creatinina en orina según Workplace Exposure Standards and Biological Exposure Indices New Zealand. Estos resultados también son congruentes con los resultados que tuvieron las investigaciones citadas en el presente estudio, esto se debe a que la exposición no es significativa debido a que el proceso se encuentra en un ambiente abierto, aunque no especifican el tipo de protección que utiliza el personal y otras pruebas de aseguramiento como la prueba de ajuste cuantitativo de respiradores.
- Las pruebas de ajuste cuantitativo de respiradores reflejaron un resultado desfavorable de un total de cinco trabajadores. En las investigaciones no establecieron controles para evitar la exposición del producto químico, por lo que esta medida debe ser considerada dentro de los protocolos médicos de cada empresa en caso de usar un respirador.

VII. CONCLUSIONES

- El análisis de riesgo identificó productos químicos con alto grado de peligrosidad a la salud de los trabajadores. Por lo tanto, implica una alerta a las organizaciones donde se manipule productos químicos y estos no hayan sido analizados con el medico ocupacional y el responsable de seguridad, donde deberán asegurar los controles adecuados para evitar la exposición por inhalación. Una vez definido el nivel de riesgo se procedió a determinar el nivel de exposición del xileno arrojando valores por debajo de 150 ppm según el D.S. 015-2005-S.A. Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el ambiente de trabajo, el resultado favorable es debido a la ubicación del proceso de envasado, realizar este tipo de actividad en un ambiente abierto favorece significativamente al trabajador.
- Los controles para evitar la exposición por inhalación de xileno en el proceso de envasado en una empresa comercializadora de solventes fueron las siguientes

- Realizar el proceso de envasado o fraccionamiento del xileno en un ambiente abierto donde el vapor pueda disiparse y no acumularse en la zona de trabajo.

- El uso de respiradores cara completa favorece al trabajador con un nivel de protección mayor al respirador de media cara.

- Se debe de establecer la prueba de ajuste cuantitativa de respiradores en los protocolos de los exámenes médicos ocupacionales de ingreso y luego en los exámenes periódicos con una frecuencia anual para determinar según las medidas antropométricas del trabajador el tamaño de respirador adecuado para su rostro.

- Se debe de incorporar en los protocolos de los exámenes médicos ocupacionales el análisis biológico del ácido metil hipúrico para vigilar el nivel de exposición de xileno en los trabajadores.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2019). Resúmenes de Salud Pública Xileno. Recuperado de <https://www.atsdr.cdc.gov/>

Ana L. (2018). *Ingeniería básica de una planta de producción de p-xileno por metilación de tolueno* (Tesis de pregrado) [Gráfico]. Universidad de Sevilla, Sevilla.

Dirección General de Protección Civil (2013). *Guía Técnica Métodos cualitativos para el análisis de riesgos*. Recuperado de <http://www.proteccioncivil.es>

Gil, J., Diaz, R., Coma, J. y Gil, D. (2015). Principios de urgencias, emergencias y cuidados críticos. Recuperado de www.unimet.edu

González, G., Baena, B., Gómez, W. & Mercado Y. (2012). Riesgos de exposición a compuestos químicos en trabajadores de transformación de madera. *Scielo*, 17 (1), 105 – 117.

Infogestion SAC. (2018). *Software de consulta*. Recuperado de <http://dataimex.com>

Instituto de Salud Público de Chile (2019). Página consultada. Recuperado de <http://ispch.cl>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España. Pagina de consulta.
Recuperado de <https://www.insst.es/>

Liz P. y Víctor M. (2014). *Determinación de fenoles. Ácido hipúrico y ácido metilhipúrico en orina como indicadores biológicos de exposición al Benceno, Tolueno y Xileno en trabajadores expuesto en una fábrica de caucho en Lima Metropolitana* (Tesis de pregrado) [Gráfico]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Ministerio de Salud. (4, julio 2005). Reglamento sobre valores límites permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo [015]. Recuperado de <https://elperuano.pe/>

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. (1990). Norma Técnica de Prevención en Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas [320].
Recuperado de <https://www.insst.es>

NIOSH (2017). *Manual of Analytical Methods*. Recuperado de https://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/NMAM_5thEd_EBook.pdf

Occupational Safety and Health Administration (2006). *Major Requirements of OSHA's respiratory protection standard 29 CFR 1910.134*. Recuperado de https://www.osha.gov/dte/library/respirators/major_requirements.pdf

Protección civil de España. Guía técnica. (2018). Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Recuperado de <http://www.proteccioncivil.es>

Ramos, S. (2017). Relación entre la exposición a solventes orgánicos aromáticos desprendidos en grifos y las alteraciones neurológicas – comportamentales nocivos en sus trabajadores (Tesis de pregrado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega.

Recurso Nacional Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional. (2018). Xileno efectos a la salud. Recuperado de www.ccsso.ca

Rivero, R. (2017). Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en la industria de pintura y sus disolventes en Perú – Análisis de caso y estrategias de gestión ambiental y salud ocupacional (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Saldarriaga, J. (2009). Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en el proceso de compostaje de los residuos urbanos con separación en la fuente y su efecto en la salud humana (Tesis de maestría). Universidad de Medellín.

3M. (2015). Guía para la Selección de Respiradores. Recuperado de <http://multimedia.3m.com>